MEMORIA TÉCNICA

Información climática de amenazas hidrometeorológicas en las provincias costeras del Ecuador

Guayaquil, 26 de octubre de 2007

CONTENIDO

Resumen ejecutivo

Abstract

I. Antecedentes y justificación del estudio

Área de estudio
Objetivos del estudio

II. Descripción de la metodología

Procesamiento de la información
Determinación de índices climáticos usando la aplicación *RClimDex*
Análisis estadístico

III. Elaboración de mapas

Elaboración de mapas con las tendencias de los índices de *RClimDex*
Elaboración de mapas de normales y percentiles
Elaboración de mapas con las tendencias de los índices de *RClimDex*
Elaboración de mapas de normales y percentiles
Elaboración de mapas de riesgo
Interface gráfica
Elaboración de la base bibliográfica

IV. Conclusiones

V: Recomendaciones

VI. Glosario de términos y Referencias.

VII. Participantes

ANEXOS

I Información general de estaciones seleccionadas. Período 1971 – 2000

II Interfaz gráfica *Power Point*. Resultados de análisis y tendencias

III Instalador “buscador de libros”

IV Mapas de amenazas

Resumen Ejecutivo

El Proyecto *"Información climática de amenazas hidrometeorológicas en las provincias costeras del Ecuador*" fue planteado con el objetivo de determinar la repercusión en la región costera de Ecuador de las alteraciones en los regímenes de precipitaciones y de los eventos meteorológicos extremos, tanto los asociados a la Oscilación Austral, conocidos como fenómenos El Niño y La Niña, como bajo condiciones neutrales durante períodos largos (décadas) y, adicionalmente, para realizar una caracterización pluviométrica por zonas de las áreas consideradas. Para efectuar este trabajo fue necesario compilar, depurar, procesar, analizar y presentar de forma espacial la información de precipitación registrada por de estaciones meteorológicas de la región costera. Los datos fueron proporcionados por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) y por el INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada). La información del INAMHI estaba constituida por registros de información pluviométrica de 65 estaciones (ver figura 4), con valores diarios de precipitación en períodos, a veces interrumpidos, comprendidos entre 1963 y 2005, y la del INOCAR estaba compuesta por una base de datos de 7 estaciones meteorológicas con valores de precipitación registrados entre 1962 y 2004.

Todas las series temporales de datos pluviométricos fueron sometidas a diferentes procesos. En primer lugar fue necesario estandarizar los datos a fin de uniformizar el formato de la base de datos a emplear. Posteriormente, se realizaron exhaustivos controles de calidad para filtrar datos erróneos o inconsistentes con el propósito de llevar a cabo finalmente la homogenización de las series de tiempo. La fase de preparación finalizó con la elaboración de rutinas informáticas de automatización del proceso de estandarización de formatos.

La fase de estudio se inició con diversos análisis de tendencias de 11 índices de precipitaciones para el período 1966-2005 utilizando la aplicación *RClimdex*, seleccionándose posteriormente aquellas estaciones que mostraron tendencias significativas con *p-values* inferiores a 0,01. Posteriormente, se calcularon los valores de pendientes de la curva y se trazaron las gráficas de evolución, indicadoras de la tendencia de las series. Utilizando rutinas de cálculo elaboradas con *MS Excel* se determinaron de forma mensual y trimestral los promedios, valores máximos, valores mínimos y percentiles inferiores y superiores, para el periodo 1971-2000. Los resultados de ambos análisis, tendencias de índices y parámetros estadísticos fueron interpolados y representados gráficamente mediante una rutina de automatización de procesos utilizando la aplicación *Surfer*.

Para la elaboración de los mapas de riesgo se utilizaron los resultados del índice *Rx5day* (lluvia máxima consecutiva en 5 días). Ésta información de amenaza fue editada y adaptada a un formato necesario para el software *ArcGIS 3.2,* con el cual se superpuso la información de amenaza con los datos de ODEPLAN (Oficina de Planeamiento Nacional) y PROMSA (Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios), que contienen información de vulnerabilidad por inundación, cobertura de suelo, poblaciones y sistema vial, obteniendo como resultado un mapa de zonas cultivadas en áreas inundables con niveles de riesgo potencial (muy alto, alto, bajo y sin riesgo) por tendencia al incremento de lluvias fuertes consecutivas en períodos de 5 días.

Paralelamente, se realizó una recopilación de los estudios más importantes llevados a cabo hasta el momento sobre temas relativos a estudios meteorológicos y climáticos en el Ecuador, cuyas referencias constan al final de la presente Memoria. Los resultados de la compilación se almacenaron como base de datos en un sencilla interfaz de Búsqueda de Libros elaborada en *Visual Basic*.

El análisis de los índices climáticos pone de manifiesto evoluciones temporales en los patrones de precipitación en la zona de estudio que sugieren un probable incremento de "veranillos" o períodos secos en la costa central del Ecuador (cuencas de los ríos Guayas y Chone) y de los períodos de lluvias persistentes en el norte de la costa ecuatoriana y al pie de la cordillera andina. Se infiere un incremento

en la ocurrencia de eventos intensos de lluvia en el norte de Esmeraldas, norte de Manabí y provincia de Los Ríos y un aumento en la frecuencia de eventos extremos de lluvia en el norte de la Provincia del Guayas, Provincia de Los Ríos y centro de la Provincia de Manabí. En términos generales la cantidad total de lluvia sobre la costa no sufriría mayor alteración; los cambios más significativos parecen ir asociados a la distribución, frecuencia y a los episodios de lluvias intensas focalizadas.

Del estudio se concluye que, si los patrones de vulnerabilidad actual en el sector se mantienen, una de las provincias más afectadas desde el punto de vista agrícola y de recursos hídricos será la de Manabí, el norte de la provincia del Guayas y Los Ríos, por mostrar una tendencia hacia veranillos más prolongados. De igual forma, bajo escenarios de vulnerabilidad similares al actual, Los Ríos, Manabí y norte del Guayas serían más susceptibles a pérdidas de cultivos por inundaciones asociadas a eventos extremos o períodos de lluvia persistentes. En cualquiera de los casos, para la costa ecuatoriana las medidas de adaptación al cambio climático no suponen medidas adicionales a las que deberían adoptarse frente a la variabilidad climática actual, y que están relacionadas con una buena gestión del recurso hídrico y una racionalización de su consumo que asegure un riego controlado, con un ordenamiento territorial y con una diversificación de la actividad agrícola, entre otras medidas de planificación.

Palabras Clave

Estaciones meteorológicas; amenaza moderada; déficit de lluvia; precipitación; eventos extremos; período; métodos estadísticos; RClimdex.

Abstract

The project "*Climate information of hydrometeorological threats along the ecuadorian coastal provinces*" seeks to determinate the rainfall level affection caused by disturbances in the rainfall patterns and extreme events associated to El Niño or La Niña phenomena or occurred under neutral conditions for long periods (decades) in the Ecuadorian Coastal region. For these objectives, there were necessary to compile, improve, analyze and present on a spatial form the precipitation field obtained from the coastal meteorological stations records. This information was provided by INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) with data from 65 stations of non-continuous daily values of rainfall with periods since 1963 to 2005. Likewise, INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada) provided a data base from 7 meteorological stations with monthly processed values of precipitation in the period 1962-2004.

All the rainfall series were processed through several steps. At first place, it was indispensable to unify the database format to be used. Later, there were made strong quality controls to filter wrong or inconsistent data to finally achieve the time series homogenization. The preparedness process ends with the programming of scripts to automate the process of format unification.

The study process began with the tendency analysis for 11 precipitation indexes for the period 1966-2005 using the software *RClimdex*, from which were selected those stations showing significant tendency with *p-values* below 0,01. Further, the slope curve values were calculated and the evolution as indicators of the time series tendency was plotted. Using scripts developed with *MS Excel*, monthly and quarterly averages, maxima and minima values, and upper and lower percentiles were calculated for the period 1971-2000. Results for both, index tendency and statistic analysis were interpolated and contoured through an automatic script using the software tool *Surfer*.

To the elaboration of the risk maps, we used the results of the *Rx5day* index (maximum rain in 5 consecutive days). This threat information was edited and converted into the format necessary for the GIS software *ArcGis 3.2,* which was overlapped with the threat information of ODEPLAN (Office of National Planning) and PROMSA (Program for Modernization of Agriculture Services), which contain spatial information about floods vulnerability, land coverage, towns and roads. With all these, maps with crops in flooding exposed areas, levels of potential risk (very high, high, low, and without risk) due to the tendency of an increase of consecutive rainfalls in 5-day periods was obtained.

Besides, it was made a compilation of the most important studies developed at the time about issues concerning to Climate and Meteorological information of Ecuador, which are references at the end of this report. Results of the compilation were stored as a database in a user-friendly interface of Book Search developed with Visual Basic.

The climate index analysis establishes temporary evolutions of precipitation patterns of the study zone, which suggests a probable increase of “small summer times” or dry periods in the central coast of Ecuador (Guayas and Chone rivers basin) and periods of persistent rainfalls in the northern Ecuadorian coast and base of the Andean chain. An increase of frequency of intense rainfall events in northern Esmeraldas, northern Manabí, and Los Rios province are inferred, and an increase of extreme rainfall events frequency in northern Guayas and Los Rios provinces, and center of Manabí province. In general, the amount of total rainfall over the coast has not changed, and highest significant changes seem to be associated to the distribution, frequency and episodes of focused intense rainfalls.

The study concluded that, if actual vulnerability patterns in the area are maintained, one of the most affected provinces, since agriculture and water resources point of view, will be Manabí, northern Guayas and Los Rios provinces because of short dry periods. At the same way, under vulnerability scenarios similar to the actual one, Los Rios, Manabí, and northern Guayas provinces would be more susceptible to crop losses due to floods associated with extreme events or periods of persistent rains. Anyway, for the

Ecuadorian coast, the adaptation measures for climate change do not seem to need additional measures to those that has to be taken with the present climate variability and which are related with a good management of water resources and a rationalization of its consumption to assure a controlled irrigation, with good practices of land uses and agriculture activities diversification among other planning measures.

Key Words:
Meteorological stations; moderate threat; rainfall deficit; precipitation; extreme events, periods: statistical methods; RClimDex, GIS (Geographical Information System).

Antecedentes y Justificación del Estudio

Área de Estudio

Ecuador está ubicado al noroeste de América del Sur, atravesado por la línea equinoccial. La extensión del país es de 256.370 kilómetros cuadrados. Está dividido en cuatro regiones naturales sobre las que se distribuyen 24 provincias y 205 cantones. En la costa del Pacífico se diferencia la zona subtropical muy húmeda (provincia de Esmeraldas), zona tropical seca (provincias de Manabí y Guayas, incluido semiárido en la Península de Santa Elena) y la zona tropical húmeda (Los Ríos). Al tener un clima tropical o ecuatorial posee solo dos estaciones: húmeda (diciembre a mayo) y seca (junio a noviembre). Cabe destacar que, debido a la ubicación geográfica de la provincia de Esmeraldas, las lluvias son allí constantes durante todo el año.

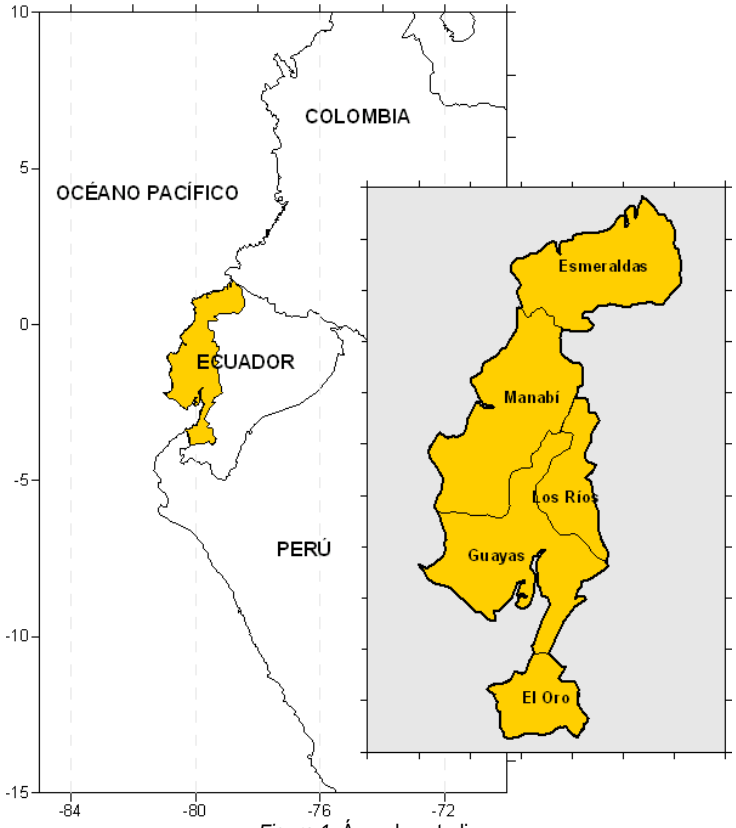

Figura 1. Área de estudio

La región costa tiene una longitud de 640 kilómetros y está formada por llanuras, colinas, cuencas sedimentarias y elevaciones de poca altitud. En esta zona se encuentra la red fluvial más extensa del país, la cuenca del río Guayas, conformada por el sistema hidrográfico de los ríos Daule, Babahoyo y Guayas, con cerca de doce afluentes junto a poblaciones como Daule, Babahoyo, Macul, Paján, Colimes, Guayaquil, Vinces, Quevedo y las subcuencas del río Chimbo (Milagro) entre otras.

La costa ecuatoriana está expuesta principalmente a las adversidades de eventos hidrometeorológicos estacionales y durante ciertos años se muestra condicionada por la aparición de eventos oceánico-atmosféricos relacionados con las fases cálida o fría del Evento ENOS (El Niño - Oscilación del Sur), denominados respectivamente El Niño y La Niña.

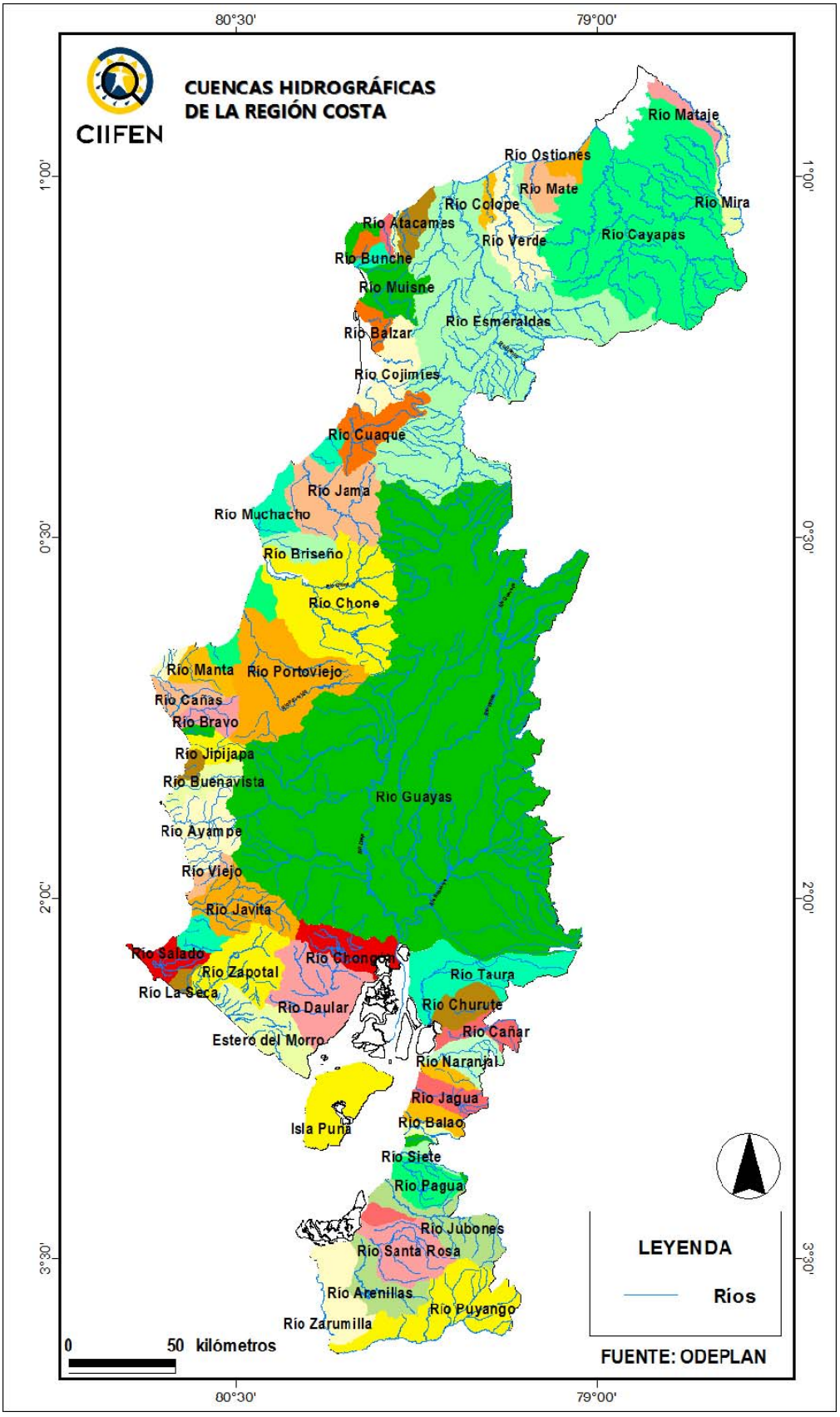

*Figura 2.*Cuencas hidrográficas de la región costera de Ecuador

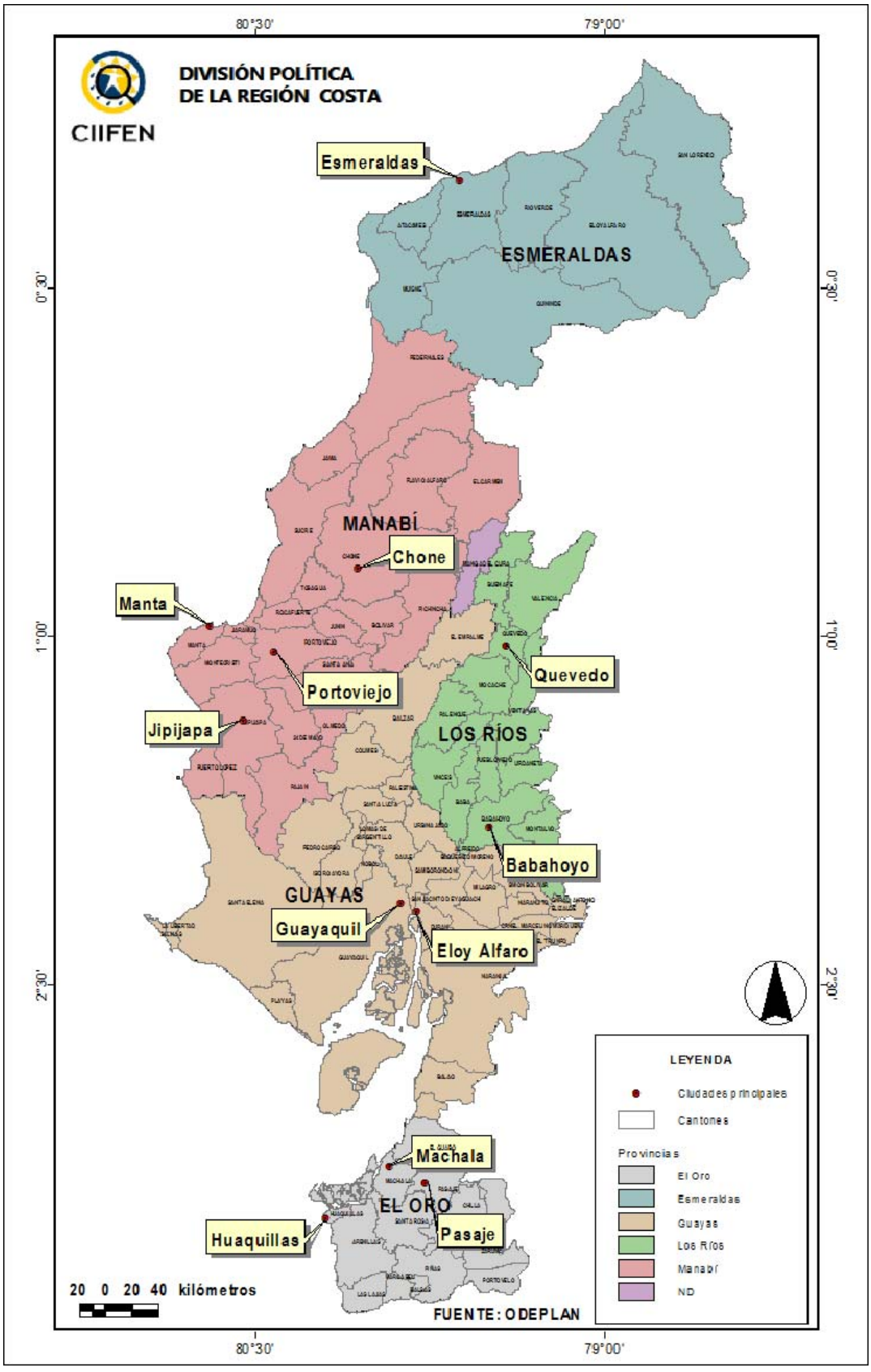

Figura 3. Mapa político de la región costera de Ecuador

La amenaza en la región durante episodios El Niño se extiende a todos los meses del año en que éste se presenta. Además del aumento del nivel marino y de las temperaturas superficiales del aire y del mar, son comunes las inundaciones y los deslizamientos del terreno ocasionados por las intensas precipitaciones que se generan sobre esta zona, estimuladas esencialmente por el gran incremento de calor y humedad de las masas de aire procedentes del Pacífico Ecuatorial. En las últimas décadas, los eventos El Niño han sido más recurrentes e intensos que en el pasado.

Objetivos del estudio

El propósito principal de esta investigación es contar con información actualizada que muestre los niveles, los patrones de precipitación y las amenazas que representan las anomalías, tanto las sequías como las inundaciones, para el área objeto del estudio. Estos niveles de amenaza, junto con la información de vulnerabilidad, nos darán indicación de los potenciales riesgos en la región y una orientación sobre su probabilidad de ocurrencia.

Para el estudio se examinó toda la información meteorológica y climatológica sobre precipitación registrada por el INAMHI y por el INOCAR de las provincias costeras del Ecuador y se procedió a compilar una base de datos común con los datos registrados en esta red conjunta de observación pluviométrica, que nos permitiría generar mapas de amenazas ante episodios de sequía y de lluvias intensas asociados por ejemplo a eventos El Niño.

Con este objetivo, el CIIFEN (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño), en convenio con el INAMHI y el INOCAR, procedió a iniciar los trabajos orientados a la elaboración de mapas que reflejasen el comportamiento de la lluvia en la Costa del Ecuador.

I. Descripción de la Metodología

Procesamiento de datos de precipitación

Se trabajó con los datos de precipitación registrados en las estaciones meteorológicas de la región costera. La base de datos proporcionada por el INAMHI dispone de información de un total de 65 estaciones con valores diarios de precipitación en períodos comprendidos entre los años 1963 y 2005, aunque con numerosas interrupciones. La información del INOCAR contiene datos mensuales y diarios de precipitación de su red de observación meteorológica, (7 estaciones) cuyos emplazamientos están situados a lo largo del perfil costero del Ecuador. Aunque los datos del INOCAR estaban depurados con controles de calidad previos, el formato de los mismos era diferente a los de INAMHI, por lo que el tratamiento de los datos tuvo que ser distinto en ambos casos.

El primer paso consistió en realizar un control de calidad de la información del INAMHI. Se eliminaron códigos de ausencia y datos duplicados contradictorios. Según criterio de los expertos de ambas instituciones, se identificaron y eliminaron aquellos valores superiores a 250 mm, aunque se admitieron valores diarios de precipitación de hasta 300 mm en aquellos años bajo la influencia del fenómeno El Niño, por los eventos anómalos de intensa precipitación que pude llevar asociados. Para poder realizar con mayor comodidad los análisis estadísticos necesarios se procedió a clasificar la información en hojas de cálculo de MS Excel exclusivas para cada estación meteorológica de la red del INAMHI.

Una vez realizado el control de calidad de los datos, se elaboró una macro en MS Excel para migrar cada archivo del formato matricial a un formato de columnas que pudiera ser aceptado por la aplicación informática a utilizar posteriormente para la determinación de los índices climáticos.

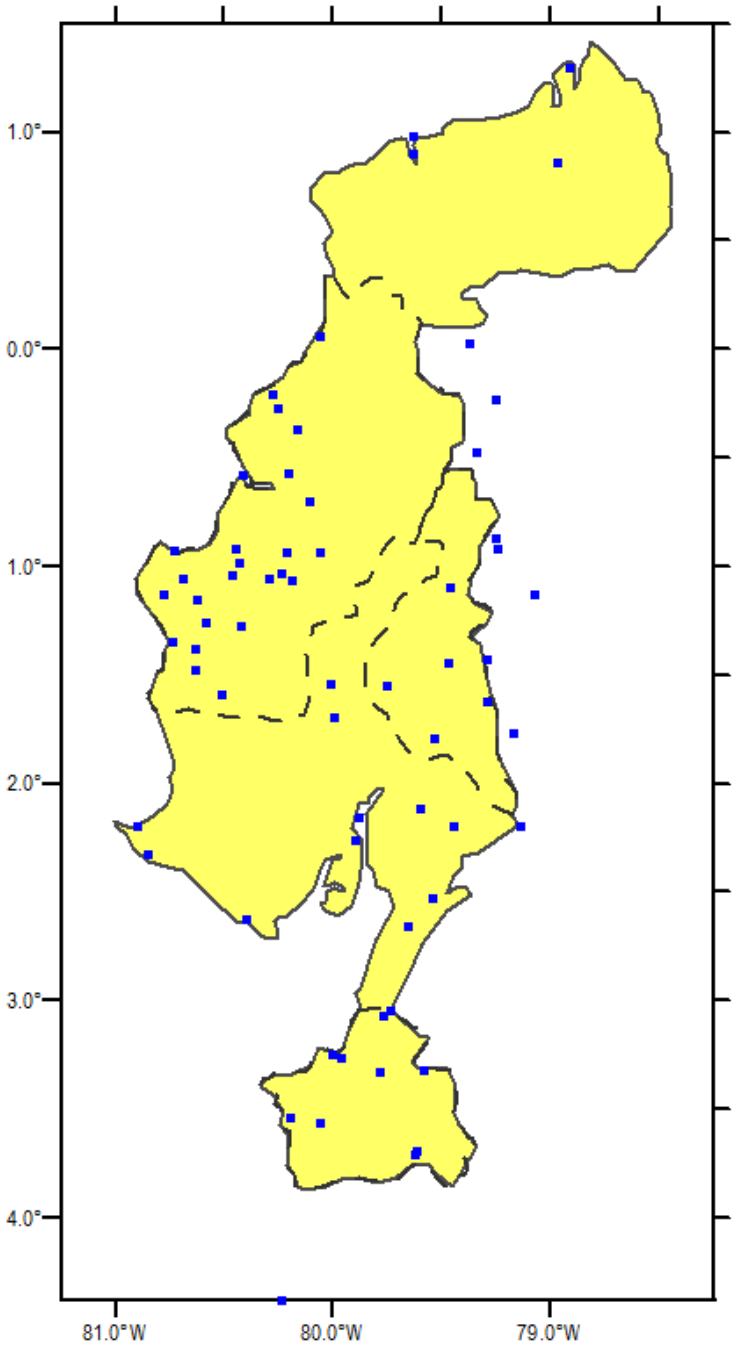

Figura 4. Localización de las 65 estaciones meteorológicas pertenecientes a la red de observación meteorológica del INAMHI y de las 7 estaciones meteorológicas del INOCAR

Para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, se realizaron dos tipos de análisis estadísticos. El primero de los cuales consistió en la determinación de índices climáticos de precipitación mediante el uso de la aplicación *RClimdex*, mientras que el segundo procedimiento sirvió para determinar los parámetros estadísticos básicos, tanto de valores centrales como de desviaciones en las series de datos analizadas, para lo que fue necesario trabajar con los valores mensuales acumulados de cada estación. Para completar la información de aquellos meses que no presentaban datos diarios hubo de realizarse una búsqueda adicional de datos para calcular los valores de lluvia mensual acumulada.

Determinación de Índices Climáticos utilizando *RClimdex*

Rclimdex es un software de acceso gratuito que permite el cálculo de índices climáticos, y ha sido recomendado por el equipo de expertos de CC1/CLIVAR para el programa "*Climate Change Detection Monitoring and Indexes*" (ETCCDMI).

Después del control de calidad de todos los datos se procedió a convertir su disposición conforme a las características del programa *RClimdex*, cuyos requerimientos de formato son los siguientes:

1. Archivo de texto ASCII
2. Secuencia de columnas: AÑO, MES, DÍA, PRCP, TMAX, TMIN. (Nota: se trabajó sólo con los datos de precipitación)
3. Formato delimitado por espacios.
4. Datos ausentes codificados como -99.9.
5. Registros de datos dispuestos en orden cronológico, permitiéndose la existencia fechas sin datos asociados.

Para llevar a cabo esta transformación de formatos se confeccionó una macro en MS Excel que dispusiera de manera automática los datos conforme a las anteriores especificaciones. El período elegido finalmente para este análisis fue 1966-2005 (40 años), para el que se admitieron 45 estaciones, solamente aquellas con una proporción de datos ausentes inferior al 15% para dicho período.

Al aplicar la aplicación *RClimdex* a las series de datos de lluvia seleccionadas se comprobó que las tendencias obtenidas para aquellas estaciones con lagunas o huecos en los años de inicio y/o final del período seleccionado no eran fiables. Sin embargo, las estaciones con ausencia de datos en años intermedios presentaban tendencias significativas, utilizando como criterio de significancia aquellas que mostraban un *p-value* menor de 0.10 Esta limitación redujo el número de series de datos representativas a un máximo de 16 estaciones dependiendo del índice. Como resultado final, se obtuvieron los 11 índices de precipitación descritos en la tabla 1.

ÍNDICE	Definición	Unidades
RX1day	Máximo mensual de precipitación en 1 día	mm
Rx5day	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	mm
SDII	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP ≥ 1.0mm) en un año	mm/día
R10	Número de días en un año en que PRCP ≥ 10mm	días
R20	Número de días en un año en que PRCP ≥ 20mm	días
Rnn	Número de días en un año en que PRCP>=nn mm, nn es un parámetro definido por el usuario	días
CDD	Número máximo de días consecutivos con PRCP <1mm	días
CWD	Número máximo de días consecutivos con PRCP ≥ 1mm	días
R95p	Precipitación anual total en que PRCP > 95 percentil	mm
R99p	Precipitación anual total en que PRCP > 99 percentil	mm
PRCPTOT	Precipitación anual total en los días húmedos (PRCP≥PCP≥ 1mm)	mm

Tabla 1. Índices de precipitación proporcionados por la aplicación *RClimdex*

Análisis Estadístico

Para este análisis se elaboraron tablas de valores de precipitación acumulados mensuales para cada estación y se procedió a la actualización de los datos basados en las series mensuales y en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Se actualizaron los acumulados mensuales de la base de datos para el período 1964-2005. La tabla 2 ilustra este proceso para la estación de Portoviejo, capital de la provincia de Manabí.

CENTRO INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACIÓN DEL FENÓMENO EL NIÑO														
PROYECTO SARE-CAM / CIIFEN														
"INFORMACIÓN CLIMÁTICA DE AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS EN LAS PROVINCIAS COSTERAS DEL														
SERIE DE PRECIPITACION MENSUAL (mm) CODIGO M005 NOMBRE: PORTOVIEJO-MANABI														
PERIODO: 1931 - 2001 LATITUD 01°02'26"S - LONGITUD 80°27'54"W ELEVACION: 60 msnm														
AÑOS	VALORES MENSUALES												VALORES ANUALES	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1931	34.9	0.0	48.7	70.1	5.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	169.2	14.1
1932	150.6	247.4	158.8	92.9	91.4	15.3	11.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	767.9	64.0
1933	230.2	289.5	240.1	54.7	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	825.7	68.8
1934	104.6	218.3	124.1	58.5	8.0	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5	565.3	47.1
1935	128.0	22.7	240.5	148.5	8.7	0.0	0.0	0.0					548.4	68.6
1937	15.5	378.5	439.2	29.0	1.0	2.0	4.4	2.5	0.0	0.0	3.5	0.2	875.8	73.0
1938	139.5	252.5	223.5	92.5	26.5	5.0	0.0	0.0	4.5	1.0	3.0	4.5	752.5	62.7
1939	179.9	334.0	120.5	197.0	63.0	22.0	7.5	17.0	13.5	3.5	2.0	10.5	970.4	80.9
1940	78.0	274.0	66.0	96.5	95.5	18.5	2.0	0.0	14.0	3.5	13.0	24.0	685.0	57.1
1941	75.5	295.0	289.0	78.0	107.0	11.0	13.0	0.0	2.0	1.0	0.5	89.0	961.0	80.1
1942	103.5	142.0	55.0	189.0	9.0								498.5	99.7
1947			135.3	101.4	2.2	1.4	1.2	0.5	1.0	1.5	55.4	9.7	309.6	31.0
1948	128.7	56.4	11.9	76.4	21.5	1.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	297.0	24.8
1949	67.8	227.5	148.5	56.4	29.4	5.9	9.9	0.0	0.0	3.3	2.7	4.0	555.4	46.3
1950	21.2	132.8	31.4	28.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	62.3	278.3	23.2
1951	159.8	58.4	78.4	49.9	30.6	81.0	99.9	1.9	0.0	12.0			571.9	57.2
1952				74.8	0.2								75.0	37.5
1956										5.2	0.5	7.9	13.6	4.5
1957	91.2	229.6	153.2	20.1	25.0	19.3	13.6	1.3	0.0	1.5	0.0	5.7	560.5	46.7
1958	113.7	200.2	78.2	93.4	11.4	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	502.2	41.9
1959	36.1	75.4	316.0	46.2	38.5	10.0	3.6	7.1	1.2	0.0	0.0	10.5	544.6	45.4
1960	47.5	35.5	107.0	35.3	0.2	0.1	2.4	1.0	0.0	0.1	0.9	14.5	244.5	20.4
1961	87.0	230.8	60.1	96.4	12.4	4.1	1.5	0.0	0.0	2.5	0.6	6.1	501.5	41.8
1962	47.4	100.8	100.2	64.0	20.4	2.6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1	336.1	28.0
1963	18.3	21.6	184.6	1.7	11.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	250.8	20.9
1964	59.7	46.8	205.0	69.1	5.1	8.3	0.0	0.5	0.0	4.4	0.6	0.9	400.4	33.4
1965	29.2	62.5	144.1	67.6	46.0	47.4	15.2	2.7	0.2	0.4	2.1	3.1	420.5	35.0
1966	78.0	94.1	112.7	68.0	18.9	7.0	3.1	8.8	8.2	1.7	1.8	10.5	412.8	34.4
1967	184.6	162.7	28.2	6.4	11.6	0.3	2.8	0.0	1.0	0.2	0.0	0.9	398.7	33.2
1968	56.8	64.0	22.0	34.0	0.5	1.7	0.0	1.0	0.9	0.0	1.0	1.0	182.9	15.2
1969	146.6	17.4	97.5	33.0	83.2	50.4	17.0	0.0	0.1	0.3	4.0	7.1	456.6	38.1
1970	45.7	62.5	117.8	85.2	65.5	2.3	0.3	0.2	2.0	0.1	1.3	6.9	389.8	32.5

1971	30.9	133.1	211.8	8.1	0.0	6.6	0.1	0.1	3.3	1.3	2.8	1.2	399.3	33.3
1972	75.8	197.9	245.7	81.1	2.6	84.1	20.4	6.3	3.6	1.5	0.7	18.3	738.0	61.5
1973	183.1	177.1	55.1	68.8	29.8	4.6	1.8	1.8	2.9	0.0	0.8	4.1	529.9	44.2
1974	24.1	114.7	54.6	50.1	13.3	5.4	0.6	0.1	1.8	4.4	5.8	24.2	299.1	24.9
1975	213.9	247.5	165.2	63.1	3.2	3.8	0.4	0.6	14.7	19.2	0.7	24.6	756.9	63.1
1976	202.3	121.2	124.5	64.5	44.8	19.1	7.6	0.0	2.9	0.2	2.0	8.8	597.9	49.8
1977	36.2	126.2	143.7	108.0	0.0	6.9	0.0	0.1	8.9	0.3	0.0	14.6	444.9	37.1
1978	54.6	96.8	66.4	12.2	11.4	0.0	1.1	0.0	0.4	0.0	0.0	1.2	244.1	20.3
1979	37.5	151.0	18.2	20.6	9.7	3.3	0.9	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	241.9	20.2
1980	39.1	33.1	90.3	45.1	12.6	2.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	1.4	224.2	18.7
1981	47.8	95.6	39.0	18.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	2.3	0.2	8.4	212.4	17.7
1982	20.0	7.3	28.9	6.5	9.7	2.6	0.0	0.0	1.1	35.2	98.3	116.7	326.3	27.2
1983	264.3	125.0	205.0	254.7	271.5	338.9	231.6	23.4	46.8	1.7	0.7	25.6	1789.2	149.1
1984	1.7	202.6	105.0	31.6	0.4	2.9	0.6	0.0	0.0	0.1	8.5	115.1	468.5	39.0
1985	40.3	78.0	95.9	35.1	42.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	34.0	327.8	27.3
1986	277.6	44.2	75.7	79.6	0.6	0.0	0.7	0.0	0.0	3.5	0.0	3.8	485.7	40.5
1987	70.6	333.3	138.3	95.8	23.3	0.0	0.8	16.5	1.5	0.1	2.4	2.8	685.4	57.1
1988	0.0	96.9	30.0	44.2	23.8	0.0	1.0	0.2	12.2	0.0	0.6	5.0	213.9	17.8
1989	232.3	164.0	189.1	60.5	1.4	1.0	0.1	0.0	6.1	0.9	0.0	0.5	655.9	54.7
1990	32.2	76.3	59.3	37.8	1.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	8.8	217.4	18.1
1991	57.2	95.9	28.4	36.2	17.0	0.1	0.0	0.2	1.9	0.0	3.2	18.8	258.9	21.6
1992	106.6	139.3	300.0	234.8	145.8	9.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	8.8	945.4	78.8
1993	30.6	181.9	93.9	57.0	0.1	6.0	0.0	0.0	0.1	0.4	1.8	1.7	373.5	31.1
1994	72.6	54.6	183.2	27.5	73.6	0.7	0.0	0.0	0.4	2.5	0.4	75.0	490.5	40.9
1995	139.5	153.2	34.5	57.3	7.9	8.6	1.2	3.0	0.0	0.1	0.1	8.8	414.2	34.5
1996	46.8	91.2	197.7	62.0	0.1	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	399.5	33.3
1997	71.9	128.4	217.9	79.1	54.8	110.7	50.0	65.0	68.5	55.1	157.4	292.1	1350.9	112.6
1998	298.9	357.6	460.2	245.1	216.9	81.9	20.6	0.2	0.2	0.0	17.4	0.0	1699.0	141.6
1999	29.6	322.7	122.1	135.7	19.0	1.8	0.2	2.3	0.1	0.5	1.5	11.9	647.4	54.0
2000	89.7	76.3	38.8	62.1	54.2	5.4	0.1	0.2	0.5	0.0	1.8	18.3	347.4	29.0
2001	232.9	122.3	303.3	84.2	10.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	2.1	2.5	757.7	63.1
2002	68.5	233.7	230.7	127.4	18.4	0.9	0.0	0.2	T	1.5	0.7	31.7	713.7	64.9
SUMA	5788.6	8911.8	8489.9	4609.0	1982.3	1054.3	549.7	166.0	228.3	174.7	403.7	1220.9	33579.2	2934.0
MEDIA	94.9	146.1	136.9	73.2	31.5	17.3	9.0	2.7	3.9	2.9	6.7	20.3	524.7	45.8
MINIM	0.0	0.0	11.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
MAXIM	298.9	378.5	460.2	254.7	271.5	338.9	231.6	65.0	68.5	55.1	157.4	292.1		
AMPLI	298.9	378.5	448.3	253.0	271.5	338.9	231.6	65.0	68.5	55.1	157.4	292.1		
MEDIA	71.9	126.2	119.2	63.1	12.4	3.3	0.6	0.1	0.4	0.3	0.7	7.5		
DESVIA	74.6	96.2	98.5	55.0	49.5	47.8	32.5	9.2	11.0	8.6	24.5	43.9		
COE.VA	0.8	0.7	0.7	0.8	1.6	2.8	3.6	3.4	2.8	3.0	3.6	2.2		

Tabla 2. Tabla de valores mensuales de precitpitación para la estación de Portoviejo (Manabí)

Posteriormente se efectuó una clasificación de las estaciones conforme al número de años de registro y a la continuidad de las series pluviométricas, asignándoseles una calificación de calidad en virtud de los criterios indicados en la tabla siguiente:

MUY BUENA	BUENA	REGULAR
Estaciones con 40 años de registros completos o en su mayoría completos (hasta el 15% de ausencias)	Estaciones con 20 años de registros o más, completos o en su mayoría completos (hasta el 15% de datos ausentes)	Estaciones con 19 años de registros o menos, completos o incompletos

Tabla 3. Calificación de las estaciones según número de años.

La finalidad de de clasificación acorde a la longitud y continuidad de los registros fue la obtención de un grupo selecto de estaciones que sirviera de base para llevar a cabo un análisis estadístico de mayor precisión y fiabilidad.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) establece quelas series empleadas en análisis climatológicos deben tener períodos representativos de 30 años, y define como períodos internacionales 1901-1930, 1931-1960 y 1961-1990. Para este proyecto se determinaron inicialmente dos períodos de referencia: el período 1964-1990, muy cercano al rango internacional y el período 1971-2000, que es más reciente, pero en el que está presente una mayor influencia y frecuencia de eventos extremos asociados a precipitaciones intensas.

	Períodos	
	1964-1990	1971-2000
Episodios 'El Niño'	1965-1966	1972-1973
	1972-1973	1976
	1976	1982-1983
	1982-1983	1991-1992
		1993-1994
		1997-1998

Tabla.4. Episodios El Niño incluidos en los periodos de referencia 1964 – 1990 y 1971 – 2000. Fuente: NOAA

Mediante una rutina de MS Excel se determinó la estadística en ambos períodos con parámetros mensuales de precipitación siguientes: valores medios, valor mínimo valor máximo, percentil 5, percentil 10, percentil 20, percentil 30, percentil 70, percentil 80, percentil 90 y percentil 95. A continuación se determinaron los valores anuales acumulados y los acumulados trimestrales para cada estadístico.

II. Elaboración de Mapas

Para la realización de los mapas se utilizó una rutina de interpolación incorporada en la aplicación *Surfer 8.0*, que sirvió también para el tratamiento de las distribuciones espaciales de precipitación, así como de los estadísticos e índices calculados. Generando los diferentes tipos de mapas: de isoyetas (líneas de igual precipitación), de contornos geográficos, de relieve y los mapas de superficie. La aplicación contiene doce métodos de interpolación espacial, entre ellos que destaca como más utilizado el *Kriging*. Se realizaron pruebas para seleccionar el método de interpolación que mejor se ajuste a los datos de precipitación, encontrándose los mejores resultados con el método de interpolación *Radial Basis Function*, seguido por el *Kriging*, que fueron los finalmente empleados.

A continuación, se procedió a la elaboración de mapas con los resultados de los dos análisis estadísticos. Para la representación gráfica de los índices climáticos se generaron mapas basados en las estaciones que mostraron tendencias significativas utilizando el método de interpolación *Radial Basis Function* con una resolución acorde con la densidad de datos para el caso de los parámetros estadísticos.

Debido a la gran cantidad de información a procesar se elaboró una rutina usando el programa *Scripter,* a fin de elaborar los mapas mensuales y estacionales (trimestrales). Los datos obtenidos mediante interpolación fueron posteriormente filtrados para eliminar aquéllos que quedaban fuera de los límites de la zona de interés. La información se superpuso con los perfiles de las provincias costeras del Ecuador, determinándose las escalas de valores de acuerdo a los máximos encontrados, donde el valor mínimo considerado fue cero. Se utilizó una misma escala de color para cada parámetro con el fin de poder establecer comparaciones visuales entre diferentes períodos.

Elaboración de Mapas con las tendencias de los índices de *RClimDex*

Se utilizaron entre 4 y 16 estaciones para la representación espacial de los 11 índices de precipitación indicados en la Tabla 1, utilizándose la pendiente de la línea de tendencia calculada como indicador de la tendencia de la serie en relación al período temporal contemplado. En este proceso se utilizó el método de interpolación *Radial Basis Function* con un espaciamiento de 0.1 grados, usando los límites regionales que abarquen la región costera de Ecuador. Posteriormente, la malla resultante de la interpolación fue filtrada con el perfil de la región para eliminar los datos interpolados externos a la región de interés. Se estableció una escala de valores simétrica entre los valores máximo o mínimo, utilizando como referencia aquél de mayor valor absoluto. La escala de colores refleja la tendencia positiva o negativa de los datos, pero asociado a cada índice existe una escala cromática diferente, acorde a su naturaleza.

Elaboración de Mapas de Normales y Percentiles

Con los valores estadísticos calculados mediante MS Excel se elaboraron en primer lugar mapas de precipitación anual acumulada media para los dos períodos de referencia utilizados, con indicación de las estaciones presentes en cada uno. El resultado de la comparación fue que, a pesar de la aleatoriedad de la precipitación y de la mayor frecuencia de episodios extremos el período 1971-2000, el patrón de lluvia mantiene un comportamiento climatológico equilibrado en cuanto a la cantidad de precipitación generada para ambos períodos.

En base a esta conclusión se decidió elaborar los mapas de los parámetros estadísticos para precipitaciones mensuales y trimestrales con el segundo período, que contenía una mayor incidencia de fenómenos El Niño y contaba con información de más estaciones meteorológicas.

Para procesar tan ingente cantidad de valores y estadísticos, se programó una rutina utilizando el programa *Scripter*, permitiendo automatizar el proceso de representación gráfica que utiliza el programa de representación *Surfer*. De esta forma se elaboraron 180 mapas en los que cada variable estadística tiene su propia escala, según sus niveles máximos y mínimos. De igual forma, se establecieron diferentes escalas para valores mensuales y para valores trimestrales, con escalas de colores que reflejan condiciones secas o húmedas de acuerdo a la gama de tonos cálidos (secos) o fríos (húmedos).

La interpolación de los datos estadísticos se realizó utilizando también el software *Surfer* con un espaciamiento de 0.01 grados, puesto que se emplearon 66 estaciones distribuidas a lo largo de la región costera, con el consiguiente incremento en la densidad de los registros.

Todos los mapas fueron exportados como imagen con formato *portable network graphic* (png). Se decidió utilizar este formato porque conserva de buena forma las proporciones y resolución sin aumentar considerablemente el tamaño de los ficheros que las contienen. Finalmente, se colocaron como diapositivas en un archivo de presentación de *MS Power Point*, con sus respectivas etiquetas y descripción.

Elaboración de Mapas de Riesgo

En una fase inicial se utilizó información de zonas vulnerables a inundaciones estacionales y por desbordamiento de ríos, la cual fue interceptada con datos de cultivos diferenciados usando el software de tratamiento de Información Geográfica *ArcGIS 3.2. El procesamiento permitió obtener las zonas cultivadas con riesgo a inundaciones por desbordamiento y lluvias estacionales.*

Para la elaboración de los mapas de riesgo se utilizaron los resultados del índice Rx5day (lluvia máxima consecutiva en 5 días). Ésta información de amenaza se editó y convirtió en formato *shapefile* (*.shp). Con el software *ArcGIS 3.2* se superpuso la información de amenaza con los datos de ODEPLAN (Oficina de Planeamiento Nacional) y PROMSA (Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios), que contienen información de vulnerabilidad por inundación, cobertura de suelo, poblaciones y sistema vial, obteniendo como resultado un mapa de zonas cultivadas en áreas inundables con niveles de riesgo potencial (muy alto, alto, bajo y sin riesgo) por tendencia al incremento de lluvias fuertes consecutivas en períodos de 5 días.

Interface gráfica

Toda la cartografía referida anteriormente, confeccionada siguiendo la metodología que se ha detallado anteriormente, se encuentra disponible en una interface gráfica elaborada en *Power Point* con un sencillo menú en el que destacan seis categorías de mapas:

1. Mapas de ubicación de estaciones
2. Mapas de tendencias
3. Mapas de promedios mensuales acumulados
4. Mapas de promedios trimestrales acumulados
5. Mapas de Percentiles

Búsqueda de Libros
Búsqueda de Libros
CIIFEN
Buscar por:
Palabra Clave
Autor
Criterio de Búsqueda:
Garces
Buscar Frase
Buscar Palabras
Buscar
Regresar
Coincidencias encontradas:
EN21
Inter-annual Variability in the Thermal Structure of an Oceanic Time Series Station Off Ecuador (1990-2003) Associated with El Niño Events (FIRST ALEXANDER VON HUMBOLT INTERNATIONAL CON FERENCE ON THE ELNIÑO PHENOMENON AND ITS GLOBAL IMPACT)
HM01
ESTUDIO DE LLUVIAS INTENSAS
Código:
EN21
Título:
Inter-annual Variability in the Thermal Structure of an Oceanic Time Series Station Off Ecuador (1990-2003) Associated with El Niño Events (FIRST ALEXANDER VON HUMBOLT INTERNATIONAL CON FERENCE ON THE ELNIÑO PHENOMENON AND ITS GLOBAL IMPACT)
Autor:
J. GARCES et al
Editorial:
ESPOL/UNEP
Año:
2002
Página
48
Palabras claves:
Variabilidad interanual, El Niño, TAO/TRITON, anomalias de temperatura
Resumen:
Previously unpublished data (1990-2003) from a marine station located 20 km off the coast of Ecuador (Station La Libertad, 02°12'S, 080°55'W) are employed to investigate oceanic inter-annual variability in the far eastern equatorial Pacific, and its relation to the central-eastern equatorial Pacific La Libertad is the only time series station between the Galapagos Islands and the South American coast, the region most affected by El Niño events (El Niño 2 region, 0-5°S, 90°W-80°W). Although configured and serviced differently, station La Libertad can be looked at as an eastern extension of the TAO/TRITON monitoring system, whose easternmost mooring is located at 95°W, 1550 km offshore. This study of El Niño's irnpact on the thermocline and its relationship to sea surface temperature revealed

Figura 5. Ventana de la aplicación de Búsqueda de publicaciones

Elaboración de la Base Bibliográfica

Para la elaboración de la base bibliográfica de este proyecto, se llevó a cabo una extensa investigación, análisis y clasificación de los estudios realizados hasta el momento. Se creó un sencillo y práctico programa de búsqueda de libros para facilitar la consulta en el que toda la documentación seleccionada fue codificada en dos apartados: Hidrometeorología (HM) y Fenómeno el Niño (EN). La búsqueda puede realizarse ya sea por autor o por palabras clave y como parte de los resultados se obtiene un resumen, título, autor, entre otros campos, tal y como se puede apreciar en la figura 5

III. Conclusiones

Tras los procesos de preparación y adaptación de la información, con el cálculo de los índices indicados en la tabla 1 para las estaciones seleccionadas, se realizó la confección de mapas de los índices de evolución, así como de valores medios, extremos y percentiles, según se indicó en el capítulo anterior.

El análisis de los indicadores de cambio climático sugiere la evolución en cuanto a tendencias en el curso del período 1971-2000 de los patrones de precipitación. En este sentido, tras un análisis de los mapas confeccionados, conviene destacar las siguientes conslusiones:

- Un probable incremento de "veranillos" (días secos consecutivos) en la costa central del Ecuador y de los períodos de lluvia persistente en el norte de la costa ecuatoriana y el pie de la cordillera andina. La figura 6 representa espacialmente el índice correspondiente a la evolución en el número de días secos consecutivos, mientras que la figura 7 representa la evolución temporal de este índice en el período 1971-2000 para dos estaciones de la costa central ecuatoriana.

- Un incremento en la ocurrencia de eventos intensos de lluvia en el norte de Esmeraldas, norte de Manabí y provincia de Los Ríos

- Un incremento de la intensidad de las precipitaciones en el norte de la Provincia del Guayas, Provincia de Los Ríos y centro de la Provincia de Manabí.

- En términos generales la cantidad total de lluvia sobre la costa no sufriría mayor alteración, el mayor cambio se daría, en su distribución, frecuencia y eventos extremos focalizados.

- Si los patrones de vulnerabilidad actual en el sector se mantienen, una de las provincias mayormente afectadas desde el punto de vista agrícola será la de Manabí, el norte de la provincia del Guayas y Los Ríos, por veranillos más prolongados.

- De igual forma, bajo escenarios de vulnerabilidad similares al actual, Los Ríos, Manabí y norte del Guayas serían más susceptibles a ininudaciones y pérdidas de cultivos asociadas a eventos extremos o períodos de lluvia persistente.

El análisis de los mapas mensuales y trimestrales de precipitación arroja numerosas evidencias en cuanto a la evolución de los patrones de precipitación en el período analizado, entre las que cabe destacar:

- Una clara diferencia entre las precipitaciones de la zona norte (se mantienen durante todo el año) y la zona centro y sur (la estación de lluvias comprende el período diciembre a mayo).

- Las zonas con mayores niveles de precipitación (percentiles 90 y 95), se ubican en las estribaciones de la cordillera y son más intensas en los meses de febrero y marzo.

- Por su parte, la mayor parte de la región, en especial el centro y sur de la misma, está amenazada por eventos de lluvias deficitarias (percentiles 5 y 10), lo que afecta principalmente a cultivos que tienen requerimientos hídricos importantes como el arroz.

- Pese a que la ciencia y la tecnología nos permiten proporcionar mejor información climática, falta mucho por hacer para su diseminación integral, aplicación y respuesta por parte de la población y de los responsables políticos o tomadores de decisiones.

- El Ecuador, en su conjunto, no ha asimilado las lecciones aprendidas de El Niño 97-98. En términos generales, después de 10 años somos un país mucho más vulnerable a los efectos atmosféricos asociados a la variabilidad del clima.

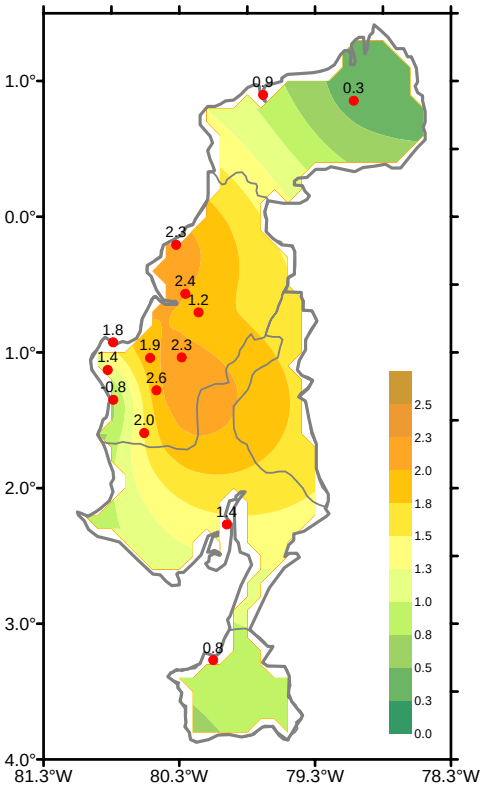

Figura 6. Distribución del índice CDD, número máximo de días secos consecutivos

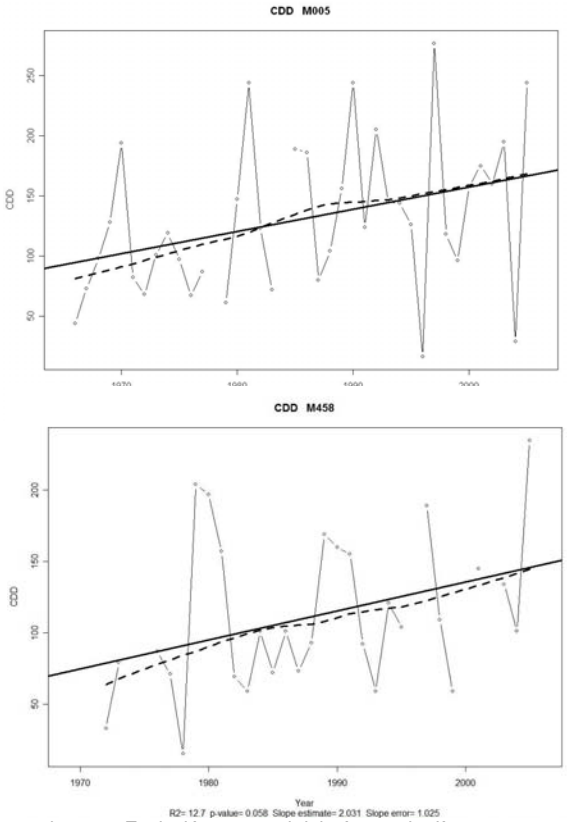

Figura 7. Evolución temporal del número de días secos consecutivos en Portoviejo y Colimes (centro y Sur de Manabí respectivamente)

Los mapas de riesgo en zonas cultivadas muestran que existe un riego alto por desbordamiento de cuencas hidrográficas (consultar figura 2) para las zonas siguientes:

- La sub-cuenca del río Daule y la cuenca del río Babahoyo en la Provincia de Los Ríos.
- La cuenca baja del río Guayas en la Provincia del Guayas.
- El área cercana a las microcuencas de los ríos Vinces, Lulu y Quevedo en la Provincia de Los Ríos.
- En Manabí en la zona adyacente a los ríos Chone y Carrizal (cuenca del río Chone) y los ríos Chico y Portoviejo (cuenca del río Portoviejo).
- El sur este de Esmeraldas en la zona de influencia de los ríos Blanco y Quinindé.
- La sub-cuenca de los ríos Taura y Churute, en el Sur de la Provincia del Guayas.

Los mapas riesgo asociados a una tendencia al incremento de lluvias fuertes en períodos cortos en algunas zonas de economía preferentemente agraria, según la escala adoptada, muestran la existencia de que:

- Existe riesgo Muy Alto en las áreas adyacentes a los ríos Catarama y Vinces en la Provincia de Los Ríos y en las proximidades a los ríos Chone y Carrizal en la Provincia de Manabí, tal y como queda reflejado en la figura 8.

- Hay un riesgo Alto en la zona cercana a los ríos Babahoyo y norte del río Vinces en la Provincia de Los Ríos, en la cuenca del río Daule en la Provincia del Guayas, en la zona del río Portoviejo en la Provincia de Manabí y en los ríos Quinindé y Blanco en la Provincia de Esmeraldas.

- Existe un riesgo Bajo en la zona cercana a los ríos Zapotal, El Azúcar, Chimbo, Milagro, Boliche, Culebras y Yaguachi en la provincia del Guayas.

Se advierten en las series de valores extremos temporales, precipitaciones intensas en un día y acumuladas en 5 días conectadas a los años coincidentes con la fase cálida de El Niño, como en las gráficas de la figura 9.

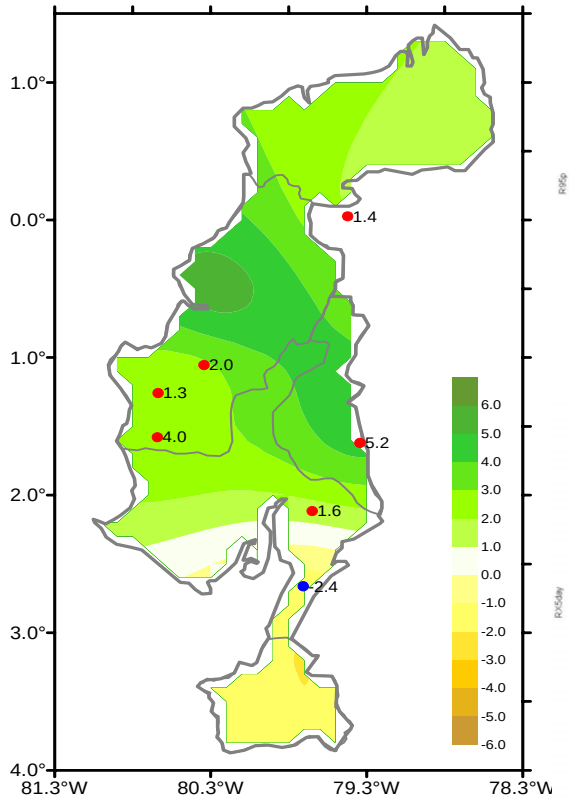

Figura 8. Mapa de precipitaciones extremas *Rx5day*, evolución de totales máximos acumulados en 5 días.

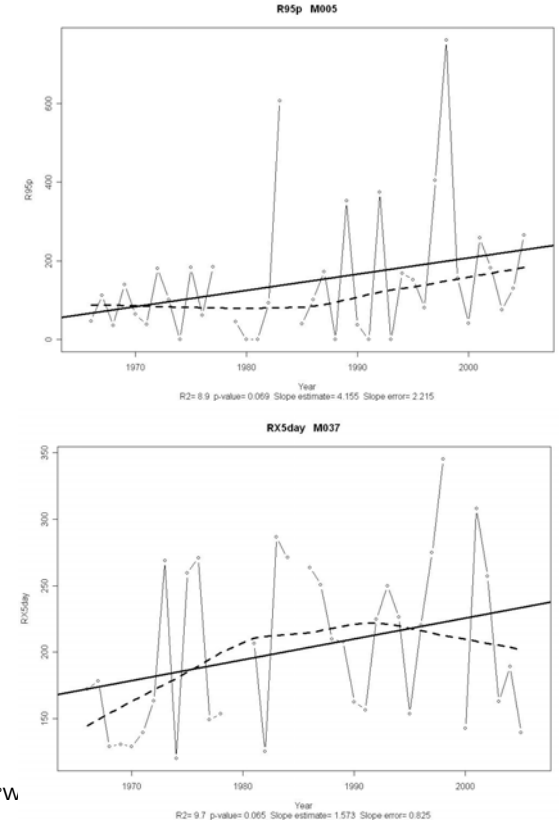

Figura 9. Evolución temporal de *R95p*, precipitación superior al 95 % en Portoviejo y del máximo en 5 días en Milagro

IV. Recomendaciones

- Se recomienda reformular el esquema aberrante de "Declaratorias de emergencias" como medio para movilizar fondos y pasar a un esquema "asistencialista" vinculado a la respuesta, hacia el de la gestión de Riesgo, vinculada con la planificación del desarrollo de los diversos y la prevención.

- Se deben articular las Agendas Nacionales de Gestión de Riesgo, de Ambiente y de Cambio Climático para poder seguir en una línea construir el desarrollo sostenible en el Ecuador.

- En cualquiera de los casos, para el caso de la costa ecuatoriana, las medidas de adaptación al cambio climático no suponen medidas adicionales a las que deberían adoptarse, frente a la variabilidad climática actual, y que tienen que ver con una buena gestión del recurso hídrico, riego controlado, ordenamiento territorial y diversificación agrícola, entre otras medidas de tipo político y financiero. PARA LA COSTA ECUATORIANA LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA EL CC SON LAS MISMAS QUE DEBEN IMPLEMENTARSE EN EL PRESENTE Y ESTÁN POSTERGADAS.

- Impulsar, la gestión de información climática en el Ecuador, como opción menos costosa y más viable para reducir los impactos en los sectores más vulnerables.
- Concertar acciones entre los sectores del desarrollo, las autoridades, líderes comunitarios y el sector privado para emprender en procesos planificados y sostenidos de prevención y planificación desde el más alto nivel de Gobierno hasta los Gobiernos locales.

- Insertar la Gestión de Riesgo en la Agenda política nacional a través del presupuesto correspondiente en cada uno de los sectores del desarrollo.

- Fortalecer, hoy más que nunca, la gestión local del riesgo, el ordenamiento territorial, el manejo de las cuencas hidrográficas así como la transferencia tecnológica para el agro ecuatoriano, muy especialmente en lo relacionado con el riego controlado, la diversificación de cultivos y la agricultura de precisión.

V. Glosario de Términos

El Niño: Episodios interanuales de calentamiento de las aguas del Pacífico Tropical, que modifican los patrones de precipitación en la región de estudio incrementando la frecuencia y cantidad de las precipitaciones.

Estación Meteorológica: Observatorio compuesto por diversos aparatos de medición de variables meteorológicas.

Interpolación: construcción de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos.

Kriging: Es un método de interpolación utilizado para la generación de mapas a partir de información irregular espaciada. También sirve para representar la distribución espacial de tendencias climatológicas.

p-value: es un valor de significancia estadística, similar al nivel de confianza, relacionado con la probabilidad de que las diferencias en los datos se deban al azar y no a otro fenómeno no aleatorio, de

manera que a menor *p-value*, mayor es la veracidad del análisis. Se usan 3 valores fijos para análisis estadísticos 0.1, 0.05 y 0.01. Para el trabajo se determinaron tendencias para niveles de p-value menores a 0.01, es decir, correspondiente a un nivel de confianza del 99%.

Percentil: Es una medida de posición o indicador que se usa para señalar el porcentaje de los datos analizados que queda a un lado y a otro de la muestra. El percentil 10 es el valor de precipitación tal que el 10 % de los valores son menores que él y el 90 % restante son mayores.

Portable Network Graphic (png): Formato de imágenes que disminuye la distorsión a la vez que utiliza la menor cantidad de bytes posible.

Radial Basis Function: Método de interpolación Este es un grupo diverso para métodos de interpolación de información. En términos de habilidad para ajustarse a la información y para producir superficies más suaves, el método multicuadrático es considerado por muchos como el mejor. Todos los métodos de Radial Basis Function son interpoladores exactos.
RClimDex: Aplicación informática para la determinación de índices climáticos.

Surfer: Programa informático que permite interpolar y presentar mapas espaciales de distribución de información. Para mayor detalle, consultar www.goldensoftware.com

Referencias:

Manual de Microsoft Excel

Guía del Usuario de Golden Software Surfer

Manual de Golden Software Scripter

Manual de *RClimdex*

Mosmann V., Castro A., Sanchez J.L, Análisis de la tendencia de las precipitaciones en los meses de febrero, marzo y abril en el territorio peninsular de España. Centro de Ciencias Exatas e Tecnologia / Universidade de Caxias do Sul / Brasil

IPUR, OXFAM, COOPI, Análisis situacional de los impactos del Fenómeno El Niño en la costa ecuatoriana y posibles escenarios de reconstrucción, 1998.

Michael h. Glantz, Executive Summary, reducing the Impact of Environmental Emergencies through early Warning and Preparedness: The Case of the 1997-1998, UNEP/NCAR/UNU/WMO/ISDR , Enero 2001

Corporación Andina de Fomento; Las Lecciones de El Niño Ecuador. Retos y Propuestas para la Región Andina. Volumen IV, Octubre 2000

ODEPLAN, Información de vulnerabilidades por inundación y uso de suelo en formato *.shp, UTM.

PROMSA, Información de poblaciones y sistema vial en formato *.shp, UTM.

Pérez, Poveda, Mesa, Carvajal & Ochoa, 1998. Evidencias del Cambio Climático en Colombia: Tendencias y Cambio de Fase y Amplitud de los ciclos anual y semianual. Bulletin de l´Institut Francais d´Etudes Andines. Tomo 27 No.3, pp: 537-546

OXFAM, IRD, COOPI, Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgos en el Ecuador; Los desastres, un reto para el desarrollo. Mayo, 2003

Participantes en el presente estudio:

El presente estudio se ha llevado a cabo en la sede del CIIFEN, en la calle Escobedo nº 1204 de la ciudad de Guayaquil (Ecuador), entre los meses de abril y septiembre de 2007, finalizándose la presente memoria en octubre del mismo año. En los trabajos han participado los siguientes:

Coordinador del Proyecto: Rodney Martínez
Responsables técnicos: Abigail Alvarado y Nadia Manobanda
Supervisor técnico del INAMHI: Raúl Mejía
Supervisor técnico del INOCAR: Juan José Nieto
Diseño y edición gráfica: Abigail Alvarado y Juan José Nieto
Revisión y asesoramiento: Patricio López

ANEXO I

INFORMACIÓN GENERAL DE ESTACIONES SELECCIONADAS. PERÍODO 1971 - 2000						
COD	NOMBRE DE LA ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	PERIODO	INSTITUCION
M005	PORTOVIEJO-UTM	-1,04055556	-80,46500000	60	1964-2006	INAMHI
M006	PICHILINGUE	-1,10000000	-79,46166667	120	1963-2006	INAMHI
M025	LA CONCORDIA	0,02666667	-79,37138889	360	1964-2006	INAMHI
M026	PUERTO ILA	-0,47611111	-79,33888889	260	1964-2005	INAMHI
M037	MILAGRO(INGENIO VALDEZ)	-2,11555556	-79,59916667	13	1964-2006	INAMHI
M039	BUCAY	-2,19555556	-79,13333333	480	1966-2000	INAMHI
M040	PASAJE	-3,32972222	-79,78194444	40	1964-2006	INAMHI
M051	BABAHOYO-UTB	-1,79694444	-79,53333333	7	1964-2006	INAMHI
M056	GUAYAQUIL AEROPUERTO	-2,15333333	-79,88333333	5	1964-2002	D A C
M072	MACHALA AEROPUERTO	-3,26388889	-79,96111111	4	1964-2001	F A E
M123	EL CORAZON	-1,13388889	-79,07555556	1560	1964-2006	INAMHI
M124	SAN JUAN LA MANA	-0,91638889	-79,24555556	223	1964-2006	INAMHI
M129	CALUMA	-1,62000000	-79,29305556	350	1964-1999	INAMHI
M132	BALZAPAMBA	-1,77111111	-79,16666667	920	1964-1998	INAMHI
M151	ZAPOTILLO	-4,38250000	-80,2363889	223	1964-2004	INAMHI
M154	CAYAPAS	0,85500000	-78,96500000	75	1965-2005	INAMHI
M162	CHONE	-0,70500000	-80,10861111	20	1964-2006	INAMHI
M163	BOYACA	-0,56861111	-80,20555556	370	1964-2005	INAMHI
M165	ROCAFUERTE	-0,92250000	-80,44861111	20	1964-2006	INAMHI
M167	JAMA	-0,20694444	-80,27388889	5	1964-2005	INAMHI
M168	PEDERNALES-MANABI	0,05833333	-80,05555556	20	1965-1996	INAMHI
M169	JULCUY	-1,48000000	-80,63222222	240	1970-2006	INAMHI
M173	PLAYAS-GRAL.VILLAMIL	-2,62805556	-80,40111111	6	1963-1999	INAMHI
M174	ANCON	-2,32444444	-80,84833333	4	1964-2005	INAMHI
M176	NARANJAL	-2,66222222	-79,65638889	30	1964-2006	INAMHI
M179	ARENILLAS	-3,56027778	-80,05611111	60	1964-2006	INAMHI
M180	ZARUMA	-3,69694444	-79,6161111	1100	1964-2005	INAMHI
M184	PAGUA	-3,06944444	-79,76777778	8	1973-1999	INAMHI
M185	MACHALA-UTM	-3,05000000	-79,73333333	13	1973-2005	INAMHI
M218	INGENIO SAN CARLOS	-2,20000000	-79,44305556	35	1966-2002	INAMHI
M348	SANTA ANITA	-0,23055556	-79,24833333	566	1964-2006	INAMHI
M374	SAN ANTONIO DEL DELTA	-0,86750000	-79,24722222	223	1965-2005	INAMHI
M383	ECHEANDIA	-1,42583333	-79,28944444	370	1968-2005	INAMHI
M441	SAGUE(SAN MATEO)	0,89777778	-79,63277778	15	1964-2005	INAMHI
M446	SAN ISIDRO-MANABI	-0,37055556	-80,16027778	150	1964-2005	INAMHI
M447	24 DE MAYO(JABONCILLO)	-1,27888889	-80,41833333	115	1965-2005	INAMHI
M448	LA LAGUNA	-1,15277778	-80,62416667	200	1964-2006	INAMHI
M449	SANCAN	-1,25805556	-80,58666667	245	1964-2006	INAMHI
M450	CAMARONES-MANABI	-1,12944444	-80,77722222	180	1964-2006	INAMHI
M452	ZAPOTE	-0,93833333	-80,0555556	50	1964-2006	INAMHI
M453	CHORRILLOS	-1,05416667	-80,68888889	220	1965-2006	INAMHI
M454	RIO CHICO EN ALAJUELA	-1,05444444	-80,29250000	20	1967-2005	INAMHI
M455	JOA-JIPIJAPA	-1,37972222	-80,63361111	195	1968-2006	INAMHI
M456	JAMA AJ MARIANO	-0,27555556	-80,25444444	20	1964-2002	INAMHI
M457	PUERTO CAYO	-1,34944444	-80,73638889	6	1968-2005	INAMHI

COD	NOMBRE DE LA ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	PERIODO	INSTITUCION
M458	COLIMES DE PAJAN	-1,59305556	-80,50888889	200	1968-2005	INAMHI
M460	MANCHA GRANDE	-1,06944444	-80,18972222	130	1968-2005	INAMHI
M461	RIO CHICO-PECHICHE	-0,98611111	-80,42805556	30	1975-2002	INAMHI
M462	JUNIN	-0,93444444	-80,20833333	70	1973-2005	INAMHI
M464	RIO CHAMOTETE-JESUS MARIA	-1,03666667	-80,23277778	40	1968-2006	INAMHI
M465	VENTANAS INAMHI	-1,44416667	-79,46555556	20	1964-2005	INAMHI
M466	VINCES INAMHI	-1,54916667	-79,75000000	41	1964-2006	INAMHI
M475	COLIMES DE BALZAR INAMHI	-1,54277778	-80,00805556	28	1964-2006	INAMHI
M476	LA CAPILLA INAMHI	-1,69611111	-79,99583333	7	1967-2006	INAMHI
M477	PUERTO INCA(CANNAR EN)	-2,53027778	-79,54388889	50	1966-2006	INAMHI
M479	PORTOVELO	-3,71055556	-79,61861111	747	1960-1986	INAMHI
M481	USHCURRUMI	-3,32111111	-79,58333333	290	1975-2006	INAMHI
M482	CHACRAS	-3,54361111	-80,19805556	60	1972-2006	PREDESUR
M611	BAHIA DE CARAQUEZ	-0,58333333	-80,41666667	3	1964-2001	D A C
****	ESMERALDAS	0,98	-79,63	S/D	1962-2004	INOCAR
****	GUAYAQUIL	-2,26	-79,9	S/D	1962-2004	INOCAR
****	LA LIBERTAD	-2,2	-80,9	S/D	1962-2004	INOCAR
****	MANTA	-0,93	-80,73	S/D	1962-2004	INOCAR
****	PUERTO BOLIVAR	-3,25	-80	S/D	1962-2004	INOCAR
****	SAN LORENZO	1,29638888	-78,90944444	S/D	1962-2004	INOCAR